

RIC

## Dobladora manual de aceros inoxidables para tubos y varillas de construcción utilizados en Panamá

58

### Manual stainless steel bender for construction tubes and rods used in Panama

Renaul Domínguez<sup>1</sup>, Kevin Guerrel<sup>2</sup>, Fidel Morales<sup>2</sup>, Venancio Monterrey<sup>2</sup>, Eduardo Aguilar<sup>2</sup>, Mario Ng<sup>3</sup> & Alexis Tejedor De León<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Licenciatura en Mecánica Automotriz – Facultad de Ingeniería Mecánica – Universidad Tecnológica de Panamá;

<sup>2</sup>Licenciatura en Mecánica Industrial – Centro Regional de Coclé – Universidad Tecnológica de Panamá;

<sup>3</sup>Licenciatura en Ingeniería Mecánica – Facultad de Ingeniería Mecánica – Universidad Tecnológica de Panamá;

<sup>4</sup>Departamento de Materiales y Metalurgia – Centro Regional de Veraguas – Universidad Tecnológica de Panamá.

**Resumen** Este proyecto consiste en un prototipo de una dobladora manual de barras de acero, factible y de bajo costo, proyectada hacia pequeñas empresas de construcción y metalmecánica. También se verán los parámetros que hay que tener en cuenta para su confección que dan lugar a la eficiencia, calidad y mayor precisión en los ángulos de doblez.

**Palabras claves** Deformación, elástico, esfuerzo.

**Abstract** This project consists of a manual bender prototype of feasible and low-cost production for steel bars bending, thus designed for small construction and metalworking companies. You will also see the parameters taken into account for the preparation which raises its efficiency, quality and bending angles precision.

**Keywords** Deformation, elastic, stress.

\* Corresponding author: [alexis.tejedor@utp.ac.pa](mailto:alexis.tejedor@utp.ac.pa)

## 1. Introducción

Este informe presentará una dobladora de varillas de acero de manufactura barata y fácil uso. Parte de su diseño es una simplificación de la patente de Perazzo [1].

En el proceso de doblado se somete la varilla a esfuerzos de tensión en la mitad externa de la misma y a esfuerzos de compresión en la mitad interna. Si el material no se fractura quedará permanentemente doblado como lo explica el texto de Groover [2].

Actualmente el doblado de barras de acero en pequeñas empresas de construcción y metalmecánica es rudimentario, con este proyecto se busca mejorar la calidad logrando mayor precisión en los ángulos, reducir el esfuerzo físico en el operador y que sea una herramienta práctica y de fácil uso.

### 1.1 Fundamentos del doblado de metales

La operación de doblado es un proceso de conformado mecánico que deforma el metal dentro de un eje neutral; la parte inferior del eje se comprime, mientras que la parte superior se estira.

Este proceso, obligado a tomar nuevas formas por movimientos o flujo plástico sin alterar su espesor, de forma que todas las secciones permanezcan constantes [5].

### 1.2 Factores que intervienen en el curvado de metales

En el proceso de doblado hay condiciones que interfieren con el doble del metal como los que se mencionan en los párrafos a continuación.

La plasticidad, por ejemplo, es la que permite una curvatura perfecta sin ningún tipo de alteración o cambio visible en el material.

Mientras que la recuperación elástica, consiste en que el material doblado tiende a recuperar su forma original lo que es necesario dar una curvatura más cerrada de lo necesario para que la curvatura quede como la deseada [5].

## 2. Metodología

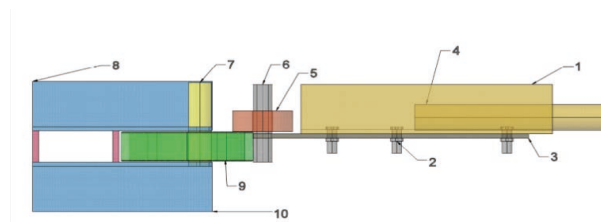
### 2.1 Diseño del prototipo

El prototipo fue diseñado pensando en poder trabajar con los aceros bajo la norma ANSI [3],

del cual se basa el Reglamento Estructural de Panamá.

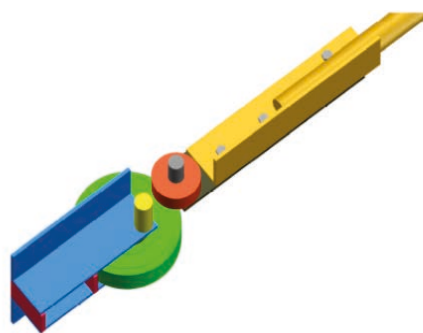
Para tal efecto, se contó con un rodamiento de acero inoxidable de alta capacidad de carga con el que se centró para el diseño de la dobladora propuesta.

En la figura 1 se muestra el bosquejo de la dobladora fabricada.



**Figura 1.** Esquemático del prototipo de dobladora. Partes que la conforman: 1. Brazo principal, 2. Tornillos sujetadores, 3. Base de soporte del brazo, 4. Barra de extensión, 5. Matriz fija, 6. Pin de fijación de la matriz giratoria, 7. Pin de la matriz fija, 8. Base de la pieza de trabajo, 9. Matriz giratoria, 10. Soporte para el banco de trabajo.

El rodamiento de bolas se seleccionó (ver figura 2) por su relación de confiabilidad / tiempo de vida, lo cual presenta buenas estadísticas Weibullianas según lo manifestado por Budynas & Shigley[4].



**Figura 2.** Esquema del rodamiento de bolas seleccionado.

### 2.2 Materiales

Los materiales utilizados son comunes en las ferreterías a nivel nacional. En la tabla 1 se especifican los materiales utilizados en el proyecto.

## 2.3 Procedimiento

El diseño de la dobladora se realizó por medio de la utilización de la herramienta AutoCAD® en la cual se creó un prototipo de la máquina y se calcularon las medidas apropiadas para su construcción. Como ya se mencionó, los diversos materiales y herramientas utilizadas se muestran en la tabla 1.

Una vez obtenidos los materiales necesarios, se procedió a su corte de acuerdo con las medidas preestablecidas. Luego de realizar el corte de todas las partes requeridas, se procedió con las operaciones de ensamblado de la dobladora.

### 2.3.1 Uniones de las partes fijas

La primera unión consistió en soldarle al rodamiento de 110 mm de diámetro y 28 mm de espesor, una barra de acero de sección circular de 19 mm de diámetro y una longitud de 75 mm. Esta unión se realizó utilizando un electrodo de acero inoxidable E308L-16.

El siguiente paso fue unir a la barra de acero, con ángulos de 150 x 4 x 48 mm en su parte superior y otro en su parte inferior de su funcionamiento.

La función del ángulo superior soldado es la de servir de punto de apoyo para la pieza que se vaya a doblar. Por otro lado, la función del ángulo inferior es la de servir de punto de apoyo o de sujeción de la dobladora para que ésta pueda ser colocada sobre una prensa de banco.

Las siguientes piezas a unir fueron dos tramos de platina de 150 x 30 x 48 mm, cuya función es la de servir de refuerzos para contrarrestar la deformación.

Las platinas van colocadas en medio de los dos ángulos – superior e inferior - y separados 62 mm uno del otro. Para su unión se utilizaron electrodos E6011, por tratarse de aceros de bajo contenido de carbono, es decir, hierro dulce, como comúnmente se les conoce en el medio.

### 2.3.2 Uniones de las partes móviles

En la parte exterior del rodamiento de 110 mm de diámetro se soldó una barra de acero de sección transversal circular de 16 mm de diámetro y 75 mm de longitud, en ésta se colocó el rodamiento acorazado que funciona como accionador de doblez. Esta barra se soldó utilizando electrodo de acero inoxidable E308L-16.

**Tabla 1.** Materiales y herramientas utilizados en la fabricación de la dobladora manual

Especificaciones	Unidades en (mm) l x a x h, diámetro Ø	Cantidad	Costo (US\$)
Rodamiento de bolas	Øi 50, ØDex 110	1	25.00
Rodamiento de bolas acorazado	Øi 16, Øex 50	1	10.00
Barra cilíndrica de acero	Ø 19 x 81	1	4.25
Barra cilíndrica de acero	Ø16 x 75	1	3.25
Ángulo de acero	210 x 48 x 48 (espesor 4 mm)	1	2.25
Ángulo de acero	150 x 48 x 30 (espesor 4 mm)	1	2.50
Platina de acero	230 x 48 x 48 (espesor 4 mm)	1	1.00
Platina de acero	48 x 48 x 30 (espesor 4 mm)	2	1.00
Tubo de acero galvanizado	Ø 25.4 x 945	1	7.88
Tornillo cabeza plana con tuerca	Ø 5.55 x 25.4	2	0.35
Tornillo con tuerca y arandela	Ø 11.11 x 25.4	3	0.45
Electrodo para acero inoxidable E308L-16	Ø 3.2 x 304.8	5	1.25
Electrodo E6011	Ø 3.2 x 304.8	3	0.85
Broca para metal	Ø 5.55	1	0.95
Broca para metal	Ø 11.11	1	1.95
Disco de corte para metal		2	1.50
Disco de desbaste		1	3.00
Pintura anticorrosiva		1	5.35
Pintura en aerosol		2	4.5
Costo total de materiales			77.28

Ya colocada la barra de acero en la parte exterior del rodamiento, a ésta se le soldó una platina de 230 x 48 x 48 y 4 mm de espesor, que sirve como punto de sujeción para el brazo de accionamiento. Esta platina se unió utilizando electrodos de acero inoxidable E308L-16.

Por otro lado, el brazo de accionamiento se unió utilizando 3 tornillos con tuercas y arandelas, de 11.11 mm de diámetro x 25.4 mm de longitud. La utilización de este tipo de unión no permanente, permite, al usuario colocar brazos de diferentes longitudes.

El brazo de accionamiento, descrito en el párrafo anterior, consistió en unir un tubo de acero galvanizado de 25.4 mm de diámetro x 945 mm de longitud soldado a un ángulo de 210 x 48 x 48 y 4 mm de espesor, la función del ángulo es servir como punto de fijación por medio de tornillos.

### 2.3.3 Limpieza y pintura

Una vez culminado el proceso de ensamblaje la dobladora se limpió en su totalidad para proceder a pintarla. Se utilizó pintura anticorrosiva como base, posteriormente se le dio el acabado con pintura en aerosol de color gris.

## 3. Resultados

### 3.1 Cálculos

Para generar una deformación en un material se debe proporcionar una fuerza de tal magnitud, que sea capaz de superar el esfuerzo de fluencia del material de tal forma se pueda generar en el material una deformación plástica o permanente. El prototipo diseñado y construido posee un brazo de acción, o brazo de palanca de 0.945m. Considerando una fuerza promedio aplicada en el extremo de 120 N, se empleó la ecuación (1) de torque:

$$M = Fxd \quad (1)$$

En donde:

M = Momento, en m

F = Fuerza aplicada, en N

d = distancia de giro o de torque, m

En nuestro caso, se obtuvo un momento de 113.4 N.m

Tomando en consideración un factor de seguridad de 1.2% se procedió a identificar el diámetro máximo de las varillas o barras de acero capaces de ser deformadas por la dobladora construida. Para tales propósitos se recurrió a la ecuación de esfuerzo de flexión máximo (2)

$$\sigma = K \cdot \frac{M \cdot c}{I} \quad (2)$$

En donde:

$\sigma$  = Esfuerzo de cedencia de material, psi.

K = Factor de seguridad

M = Momento, lb.pie

c = Distancia de la superficie de la barra al eje neutro, pie

I = Momento de inercia de la sección, pie

Al despejar en la ecuación (2) para una sección transversal circular de área, se determinó que el diámetro máximo permitido es 17.6 mm o 0.69 pulgadas.

Sin embargo, debido a la elección de los pines y el rodamiento disponible para la matriz de giro, solo se puede trabajar hasta un máximo de ½ pulgada de diámetro por la abertura mínima que se crea entre ellos.

En las figuras 3 y 4 se presentan imágenes fotográficas de la dobladora realizando trabajos de dobleces para diferentes tipos de barras.



**Figura 3.** Imagen de la dobladora, doblando barras de acero corrugado.



**Figura 4.** Imagen de la dobladora, doblando barras de acero liso de sección transversal cuadrada.

### 3.2 Pruebas experimentales

Como se mencionó en párrafos anteriores, el prototipo de dobladora construido fue diseñado



pensando en poder trabajar con los aceros bajo la norma ANSI [3] del cual se basa el Reglamento Estructural de Panamá.

En la figura 5 se muestran barras de acero, deformadas con la dobladora construida. Obsérvense los diferentes formatos obtenidos en las barras trabajadas.



**Figura 5.** Barras de acero deformadas con la dobladora diseñada y construida.

62

### 3.3 Características de la dobladora

Con la realización de ensayos preliminares de dobleces de barras de acero, se pudo observar, que con la utilización de la dobladora se hace más fácil la deformación de las barras, que con la forma tradicional con que se ha venido doblando las barras, hasta ahora.

Es necesario acotar que la dobladora presenta ventajas y desventajas de utilización, las cuales se describen en el cuadro a continuación.

**Cuadro 1.** Ventajas y desventajas de la dobladora construida

Ventajas	Desventajas
Doblado uniforme Control de flujo de material Mejor control de recuperación elástica Exactitud en la obtención del ángulo de doblado. Mínimo aplastamiento de la varilla Fácil montaje y desmontaje de dispositivos Fuerzas de rozamientos poco fluyentes	Desgaste de los elementos en operación continua. El radio de giro o radio de curvatura va estar restringido al tamaño de la matriz. Bajo rendimiento en operaciones continuas. Factores funcionales

## 4. Conclusiones

Una vez culminado el presente proyecto, se está en capacidad de concluir que:

- El diseño y construcción de una dobladora de bajo costo resultó ser un gran proyecto.
- La dobladora construida fue capaz de realizar dobleces precisos como los discutidos. Sin embargo, al doblar las varillas, estas aún tienen esa recuperación elástica que las regresa cierta cantidad de grados.
- También se recomienda utilizar el instrumento a una altura de 1 a 1.2 metros por factores ergonómicos.
- Doblar barras de acero con esta dobladora en comparación con el doblado rudimentario, denota una mejor calidad y un grado de exactitud en los ángulos obtenidos, debido a que en el doblés rudimentario se utilizan clavos en madera o dos tuberías de acero que genera ángulos y dobles imprecisos.

## Referencias

- [1] Perazzo, P. L. (1948). U.S. Patent No. US2456532 A. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [2] Groover, M. P. (2011). *Principles of modern manufacturing: materials, processes, and systems*. Hoboken: Wiley.
- [3] ANSI, (2007). AISI Standard. North American Standard for Cold-Formed Steel Framing- *General Provisions*. AISI S2000-07.
- [4] Budynas, R. G., Nisbett, J. K., & Shigley, J. E. (2015). *Shigley's mechanical engineering design*. New York, NY: McGraw-Hill Education.
- [5] Molina, R. E., & Rubio, A. (december 2012). Análisis de funcionamiento, operación y mantenimiento e implementación de una dobladora de tubo para el Centro de Producción y Servicios de la Universidad Técnica de Cotopaxi (*Disertación de Mestría*). Universidad Técnica de Cotopaxi. Retrieved December, 2012, from <https://es.scribd.com/document/264586291/dobladora-pdf>
- [6] Bernard, V., Haemhouts, J., & Osmundo, S. (1991). *La bomba de mecate* (Vol. 1). Juigalpa, Nicaragua.: Diciembre.